# 1.施設園芸での暖房用燃料の縮減対策

## 1）ハウス温度管理の基礎

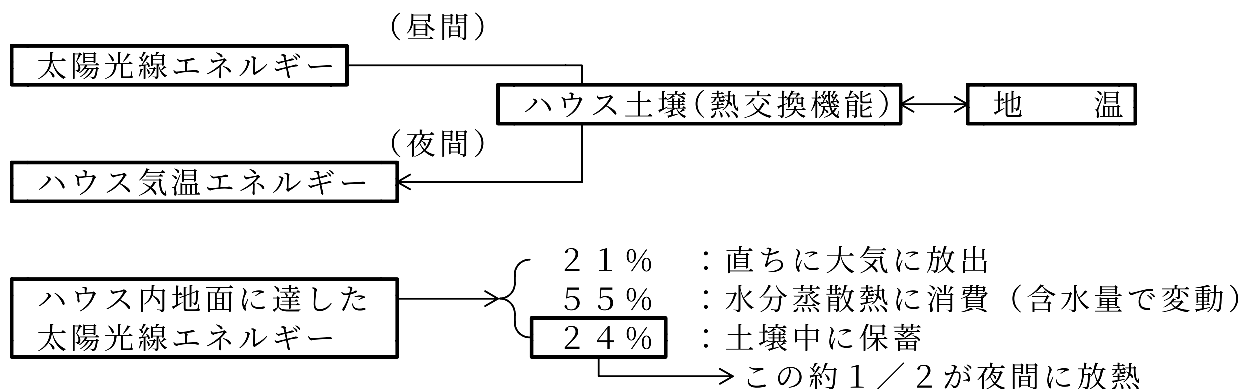
**効率的な省エネルギーを達成する上でまず基本的なことは、温室内の熱を逃がさない断熱性や気密性、そして、太陽エネルギーを十分に捕捉する採光性が必要である。**

**施設栽培技術は基本的には、太陽エネルギー利用技術であり、さらにそれを効率的に利用しようとすることが省エネルギー技術のポイントである。**

### ①太陽エネルギーの利用

ハウスの土壌は一種の熱交換機であって、無加温ハウスの温度管理とは昼間に保蓄された熱エネルギーが夜間合理的に配分された「放熱制御」である。

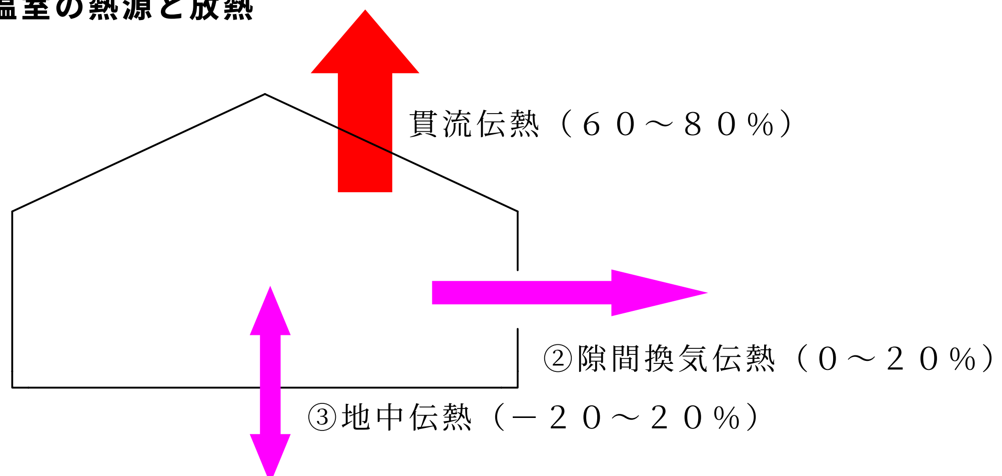
ハウスの温度管理は「暖房管理」の以前に、まずこの「保温管理」の原則に立ち返る必要がある。




### ②ハウスでの熱移動

冬季夜間の温室からの放熱は、
①貫流伝熱（ハウスから被覆資材を通過する伝熱）
②隙間換気伝熱（被覆資材の重ね目などの隙間を通しての伝熱）
③地中伝熱（ハウス床面と土壌との熱交換による伝熱）　の3つに分けられる。
ハウス外への全放熱量に対する各伝熱の割合は図1のとおりである。
地中伝熱は無加温ハウスでは熱源となるが、暖房した場合、温度設定が高いと放熱される。

**図１　夜間の温室の熱源と放熱**



### ③放熱の抑制

放熱の抑制では、ハウスから被覆資材を通過する伝熱量（貫流伝熱量）の影響が最も大きく、続いてハウスの隙間からの伝熱量（隙間換気伝熱量）がそれに続く。

地中伝熱については制御できないので、この2つの伝熱による放熱抑制することが重要である。

**○貫流伝熱量を抑制する手段**

被覆枚数を増やす（2重カーテン等）
断熱性の大きい被覆資材を使う
防風ネットを設置する

**○隙間伝熱量を抑制する手段**

被覆枚数を増やす
隙間をふさぐことによって気密性を高める

## 2）暖房用燃料の節減要因

**ハウスからの放熱量、すなわち暖房負荷は、{ハウス表面積×(貫流伝熱負荷＋隙間換気伝熱負荷)×内外気温差＋床面積×地中伝熱量}×風速に関する補正係数で表される。**

**ハウスの暖房熱量を減らすためには、いずれかの値を減ずればよいことになる。**

### ①温室表面積の抑制

既存施設では不可能であるが、新規導入ハウスではある程度大型のものが暖房負荷は小さい。しかし大きすぎると換気が十分に出来なくなる等のデメリットもある。

また、天井もアーチタイプのものより屋根型のものが表面積は小さくなるが、投資コストの面で検討が必要である。

### ②貫流伝熱負荷の抑制

○被覆枚数を増やす（2重カーテン等）。
○断熱性の大きい被覆資材を使う。
○防風ネットを設置する。

### ③隙間換気伝熱負荷の抑制

○被覆枚数を増やす。
○隙間をふさぐことによって気密性を高める。

### ④内外気温差

室温の設定温度を低くすることで、内外気温差が小さくなり、暖房負荷は軽減する。

また、時間や栽培ステージで設定温度を変える変温管理技術も有効であるが、品目・品種によって、品質・収量低下が懸念されるので十分な注意が必要である。

多くの場合、生育の悪いところを基準に暖房温度を設定するため、過剰暖房になる。

温風暖房では暖房配管の適正配置等でハウス内の温度を均一にすることが必要である。

### ⑤床面積

設置された施設の床面積を替えることは出来ないが、花きの鉢物類では移動ベンチを用いて通路を減らし、ハウス当たりの栽植密度を増やすことが出来る。

### ⑥地中伝熱量

地中伝熱量はハウス内外の温度差が大きくなるほど大きくなる。

## （参考）最大暖房負荷の算出式

最大暖房負荷の算出式と因数を検証することで、暖房用燃料節減要因を十分に理解することができる。

**最大暖房負荷の算出式**

**１．最大暖房負荷：** $Q_g = \{A_g(q_t + q_v) + A_s \cdot q_s\} \times f_w$

$Q_g$：最大暖房負荷（W）
$A_g$：温室の被覆面積（㎡）
$q_t$：単位被覆面積当たり貫流熱負荷（$W \cdot m^{-2}$）
$q_v$：単位被覆面積当たりの隙間換気伝熱負荷（$W \cdot m^{-2}$）
$A_s$：温室の床面積（㎡）
$q_s$：単位床面積当たり地表伝熱負荷（地表熱流束　$W \cdot m^{-2}$）
$f_w$：風速に関する補正係数

**２．単位被覆面積当たり貫流熱負荷（$q_t$）**

$q_t = h_t(\theta_c - \theta_{ou})(1 - f_r)$

$h_t$：熱貫流率（$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$）
$\theta_c$：暖房設定室温（℃）
$\theta_{ou}$：設計外気温（℃）
$f_r$：保温被覆の熱節減率

１）熱貫流率（$h_t$）の値

| 被覆資材 | $h_t$ ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) |
|---|---|
| ガラス、合成樹脂（FRP、FRA、MMA） | 5.82 |
| 塩化ビニルフィルム | 6.40 |
| ポリエチレンフィルム | 6.75 |

２）保温被覆時の熱節減率（$f_r$）

| 保温方法 | 保　温　被　覆　資　材 | 熱節減率（$f_r$） | |
|---|---|---|---|
| | | ガラス室 | ビニルハウス |
| ２重被覆 | ガラス、塩化ビニルフィルム | 0.40 | 0.45 |
| | ポリエチレンフィルム | 0.35 | 0.40 |
| １層カーテン | ポリエチレンフィルム | 0.30 | 0.35 |
| | 塩化ビニルフィルム | 0.35 | 0.40 |
| | 不織布 | 0.25 | 0.30 |
| | アルミ割布（シルバ 2：透明 1） | 0.35 | 0.40 |
| | アルミ混入フィルム | 0.40 | 0.45 |
| | アルミ蒸着フィルム | 0.50 | 0.55 |
| ２層カーテン | ポリ＋ポリ | 0.45 | 0.45 |
| | ポリ＋不織布 | 0.45 | 0.45 |
| | 塩ビ＋ポリ | 0.50 | 0.50 |
| | 塩ビ＋不織布 | 0.50 | 0.50 |
| | 塩ビ＋塩ビ | 0.55 | 0.55 |
| | 塩ビ＋アルミ割布（シルバ 2：透明 1） | 0.55 | 0.55 |
| | ポリ＋アルミ蒸着 | 0.60 | 0.65 |

## 3．単位被覆面積当たり隙間換気伝熱負荷

$q_v = h_v(\theta_c - \theta_{ou})$

$h_v$：隙間換気熱係数（$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$）

1）隙間換気伝熱係数（$h_v$）の値

| 温室の種類 | $h_v$ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ |
|---|---|
| ガラス室 | 0.35～0.6 |
| ビニルハウス | 0.25～0.45 |
| 1層カーテン | 0.2～0.3 |
| 2層カーテン | 0.15～0.25 |
| 3層カーテン | 0.05～0.15 |
| 完全気密温室 | 0 |

## 4．単位被覆面積当たり地表伝熱（地中伝熱）負荷（$q_s$）

1）地表熱流束（$q_s$）　　（$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$）

| 保温被覆 | 無 | | 有 | |
|---|---|---|---|---|
| 内外気温差 | 暖地 | 寒地 | 暖地 | 寒地 |
| 10℃ | －24 | －18 | －18 | －12 |
| 15℃ | －12 | －6 | －6 | 0 |
| 20℃ | 0 | ＋6 | ＋6 | ＋12 |

## 5．風速に関する補正係数（$f_w$）の値

| 補正係数の適用条件 | $f_w$ |
|---|---|
| 一般地域の一重被覆温室<br>保温被覆を行った温室 | 1.0 |
| 強風地域の一重被覆温室 | 1.1 |

## 3）各種省エネルギー機器・燃料等の導入に対する注意事項

**最近の暖房用燃料の高騰に伴い、多くの省エネルギー機器・燃料等が発売され、またマスコミ等でも取り上げられている。国内では昭和48年の第1次オイルショック以降、数多くの省エネルギーに関する研究も行われ、暖房機の燃焼効率も非常に向上している。**

**各燃料の発熱量は決まっており、これを超える発熱量は「エネルギー保存の法則」に反することになる。**

**これらの機器・燃料で、公的機関等で効果が実証されていないものや、供給インフラが整備されていないものについては、本県への導入については慎重に行う。**

### ①省エネルギー機器

省エネルギー機器によっては、10～20％の省エネルギーになるデータもあるが、下記の問題点があるので注意を要する。

○熱効率が既に85～90％レベルに達している熱交換式燃焼機器に対し、そのように高率の省エネルギー効果は期待できない。

○燃油量の実測が不正確であることが多い。

○比較対照の方法が不適当である場合が大部分である。同一ハウス・同一作物でも、前年との比較、同じ年でも別のハウス・別作型との比較では正当な判定が出来ない。

### ②代替え燃料等

エマルジョン燃料、代替え燃料（木質チップ、ペレット、植物油、廃油等）があるが、効果が確認できない事や、供給インフラが整っていない等の問題点がある。

## 4）被覆資材の選択

**被覆資材には多種・多様なものがあるが、これは被覆資材の利用場面や目的が多様化していることを反映している。**

**被覆資材を用途別に見ると外界との遮断による植物体の保護や保温を目的とする外張り資材や、多層被覆による保温性の向上と遮光を目的とした内張資材、地表面に直接被覆をして地温や土壌水分の制御などを目的とするマルチ資材などに大別される。**

### ①被覆資材の分類

**○外張り用被覆資材**

軟質フィルム、硬質フィルム、硬質板、ガラスなどがあるが、利用場面としては温室、雨よけ施設、トンネルなどの屋根や側面になるため、温室など構造物の材料や形質によって使い分ける。

**○内張用資材（カーテン）**

農ビ、農ポリ、農酢ビなどの軟質ビニールフィルムが多いが、被覆方式に固定式と可動式があるため、それに応じた特性を持つ資材の選択が必要である。

固定張りの場合には光透過率や波長別透過率が重要であり、可動張りの場合は開閉の難易や伸縮性が重要である。

## ②被覆資材の選択と利用

ハウスによる気象環境の改良は、入射する太陽放射によって加熱された暖気と暖房機による暖気を閉じた空間に保留することによって達成される。

そこで被覆資材には①光の透過性が良好なこと②保温能力が高いことが要求される。

この2点は、資材の物理的特性からすると相反することであることから、以下に示す種々の資材が開発されており、用途に適合した資材を使う必要がある。

## ③主要被覆資材の特性

### ○塩化ビニルフィルム（農ビフィルム）

農ビフィルムは柔軟性・弾力性に富み、透明性が高く、長波放射（二酸化炭素や水蒸気を含めて地表付近の全ての物体は、より長い波長を電磁波としてエネルギーを放出している）の透過率が低く保温性がよく、防曇効果（付着した水滴を水膜状にして流下させる効果）が優れ長期間持続する。

しかし、資材が重いこと、可逆剤に起因するベタつきや汚れによる光線透過率の低下が早い欠点がある。

### ○ポリオレフィン系フィルム

ポリオレフィン系農業フィルムには、農ポリ、農酢ビ、農ＰＯ系フィルムがある。

#### ・農ポリ（農業用ポリエチレンフィルム）

日本では農ビフィルムより赤外線の透過が大きく保温性が劣るため、外張りへの利用は少ない。

マルチフィルムには、透明、黒色、シルバー、その他の着色など用途に応じて製品が選べる。

#### ・農酢ビ（農業用エチレン・酢酸ビニル共同体樹脂フィルム）

可逆剤を含まないため、ほこりがつきにくくべとつかない。長波放射の遮断効果は農ポリより優れるが農ビより劣る。

ハウス内張やトンネル等に利用されている。カーテンとしてハウス内にたたんだまま高温下に長期間放置すると、融着する心配がある。

#### ・農ＰＯ（農業用ポリオレフィン系特殊フィルム）

農ポリフィルムや農酢ビフィルムは赤外線透過量が大きいので、保温性に問題があった。

そこで保温性を向上させるため、ポリオレフィン系樹脂を多層構成（3～5層）にして赤外線吸収剤を配合したものが、農業用ポリオレフィン系特殊フィルムとして販売されている。

## ④被覆資材の材質と断熱性

被覆資材の断熱性の違いは、主に被覆資材の材質による長波（赤外）放射特性の違いに関係している。

しかし被覆資材の厚さの違いによる電動伝熱量の違いは、厚さが数mm以下ではきわめて小さい。

**表５　各被覆資材の放射特性指数**

| 資材 | | 厚さ（mm） | 放射特性指数<br>乾燥状態 | 放射特性指数<br>内側に水滴付着（推定値） |
|---|---|---|---|---|
| 軟質フィルム | 農ポリ　フィルム | 0.05<br>0.1 | -0.75<br>-0.65 | -0.4　～-0.25<br>-0.35～-0.2 |
| 軟質フィルム | 農酢ビ　フィルム | 0.05<br>0.1 | -0.65<br>-0.45 | -0.35～-0.2<br>-0.25～-0.15 |
| 軟質フィルム | 農ビ　フィルム | 0.05<br>0.1 | -0.35<br>-0.15 | -0.2　～-0.1<br>-0.1　～-0.05 |
| 軟質フィルム | 農ＰＯ　フィルム | 0.075<br>0.15 | -0.20～-0.40<br>-0.20 | － |
| 硬質ポリエステル　フィルム | | 0.05<br>0.1<br>0.175 | -0.2<br>0<br>0.05～0.1 | -0.15～-0.05<br>0<br>0.05＜ |
| 不織布 | | | 0.1 | 0.05＜ |
| ポリビニルアルコールフィルム | | | 0.1＜ | 0.05＜ |
| ガラス | | | 0.05 | 0.05＜ |
| 硬質板（ガラス繊維強化アクリル、アクリル、ポリカーボネート、他） | | | 0.1 | 0.1　～0.15 |
| アルミ粉利用ポリエチレンフィルム | | | 0.25～0.35 | 0.55～0.7 |
| ポリオレフィン系アルミ蒸着フィルム | ポリプロピレン側<br>ポリエミレン側 | | 0.7～0.8<br>0.65～0.75 | 0.55～0.7<br>0.5　～0.65 |

※放射特性指数：被覆資材をハウスに展張したときの放射伝熱に対する断熱性を表す指標として提案されており、指数の値が大きいほど断熱性が高い。

## 5）既存施設の保温性及び暖房効率の向上対策

### ①保温被覆

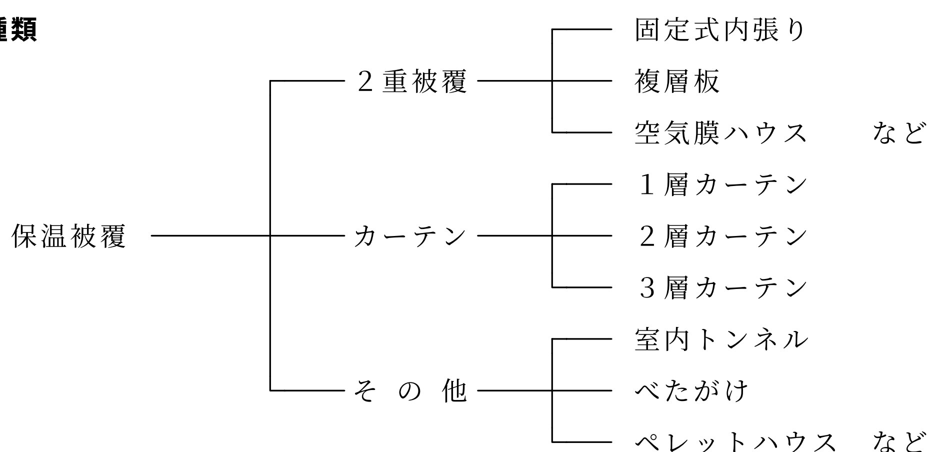
断熱性を高める効率的な手段は、被覆を重ねることである。保温のために付加する被覆を保温被覆と呼ぶ。

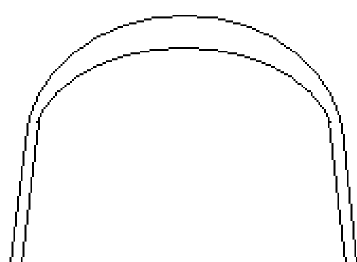
保温被覆では、固定被覆では被覆枚数を1重、2重と呼び、カーテンでは1層、2層と呼ぶ。例えば固定1重＋カーテン2層の場合には、1重2層温室と呼ぶ。

県内各産地でも保温被覆施設は整備されているが、カーテンを張らない等活用されていない事例が多く見受けられる。

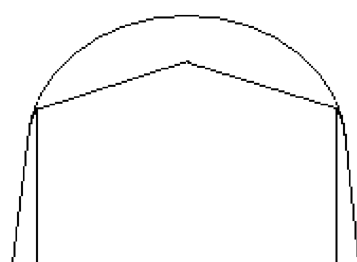
今後省エネルギー対策として活用することが重要である。

○保温被覆の種類



２重被覆（固定式内張り）



１層カーテン（開閉式）

※固定被覆では１重・２重と呼び、カーテンでは１層・２層と呼ぶ

### ②保温被覆に用いる資材と保温効果

#### ○ハウスの保温被覆の熱節減効果

保温資材は、ハウス内部に展張したとき、カーテンがないときに比べて正味の熱放出熱量がどれほど減少するか（これを熱節減量といい、元の放熱量に対する比を熱節減率という）で表現できる。

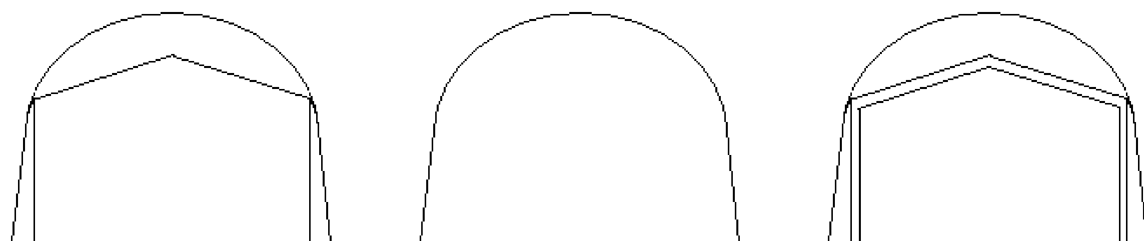
2層カーテンに場合、資材の選択によって最大６５％の放熱量の減少が達成できる。

**表６　保温被覆資材による熱節減率（目安）**

| 保温方法 | 保　温　被　覆　資　材 | 熱節減率（％） | |
|---|---|---|---|
| | | ガラス室 | ビニルハウス |
| ２重被覆 | 塩化ビニルフィルム | ４０ | ４５ |
| | ポリエチレンフィルム | ３５ | ４０ |
| １層カーテン | ポリエチレンフィルム | ３０ | ３５ |
| | 塩化ビニルフィルム | ３５ | ４０ |
| | 不織布 | ２５ | ３０ |
| | アルミ割布（シルバ2：透明1） | ３５ | ４０ |
| | アルミ混入フィルム | ４０ | ４５ |
| | アルミ蒸着フィルム | ５０ | ５５ |
| ２層カーテン | ポリ＋ポリ | ４５ | ４５ |
| | ポリ＋不織布 | ４５ | ４５ |
| | 塩ビ＋ポリ | ５０ | ５０ |
| | 塩ビ＋不織布 | ５０ | ５０ |
| | 塩ビ＋塩ビ | ５５ | ５５ |
| | 塩ビ＋アルミ割布（シルバ2：透明1） | ５５ | ５５ |
| | ポリ＋アルミ蒸着 | ６０ | ６５ |

注）表は完全密閉による隙間換気伝熱０％、地中伝熱０％ での数値。

**表７　保温被覆による省エネルギー効果試算**（施設果菜を１２℃で１２月～３月加温）



標準（内張１層）　　簡易（内張無し）　　多層被覆

| 省エネ効果 | 燃料使用料試算（％） | コメント |
|---|---|---|
| 標準（内張１層） | １００ | カーテンビニール１層 |
| 　気密性を高める | ９８ | 〃 |
| 簡易（内張無し） | １５５ | |
| 　気密性を高める | １５２ | |
| 多層被覆 | ８１ | カーテンビニール＋不織布 |
| 　気密性を高める | ８０ | 〃 |
| 多層被覆＋４段サーモ | ７６ | 〃４段変温設定　夜間９～１２℃<br>昼間１５℃ |
| 　気密性を高める | ７５ | 〃　　〃 |

注）暖房機メーカーN社の燃料使用量試算ソフトにより試算。
　　外気温は長崎気象台の観測値。
　　４段変温設定の条件により計算は異なる。

## ○2層カーテンの組み合わせ方法

2層カーテンの組み合わせは、透明フィルム2層、透明フィルム＋不織布、透明フィルム＋反射資材などいろいろある。

透明フィルムと不織布の組み合わせでは、水滴落下を防ぐため、不織布を下層に用いた方がよい。

また、2層以上のカーテンを設置する場合は断熱性の高い資材を外層に用いるのが正しい使い方である。

**表８　カーテン資材の特性**

| 種　類 | 特　徴 |
|---|---|
| ポリエチレン | 透明でベタつきがない。保温力は塩化ビニルよりやや低い。 |
| 塩化ビニル | 透明でカーテン用製品はべたつきが少ない。 |
| ポリオレフィン | ポリエチレンやエチレン・酢酸ビニル共重合の多重構造となっている。ベタつきが少なく軽い。赤外線吸収剤を配合したフィルムでは、保温力は農ビに近い。 |
| 農　酢　ビ | ポリエチレンと塩化ビニルの中間的な性質。 |
| 反射フィルム（シルバーポリ） | 光線を通さない。ベタつきは少ない。保温力は透明フィルムより高い。 |
| 不　織　布 | 光線透過率は透明フィルムより低い（遮光を兼ねることが出来る）。ややごわごわする。透湿・透水性であるため室内の高湿と作物への水滴落下を防止する。保温力はポリエチレンよりやや低い。 |
| 割布／織布 | プラスティックフィルムを裁断し、細糸で編んだ資材などで、透湿・透水性がある。アルミの反射資材を材料に用いたものは、長波（赤外）放射の放熱抑制効果がある。遮光兼用の資材もある。 |
| 寒　冷　紗 | 光線透過率は低い（遮光も兼ねることができる）。通気性があり保温力は最も低い。 |

## ○カーテンの設置

### ・被覆層間の距離と保温性

多重または多層間被覆における被覆層間の間隔は、被覆層間の間隔が1cm以下では保温性が低下するが、1cm以上であれば間隔による保温性の違いはほとんど見られない。

### ・カーテン設置の注意点

カーテンを設置したとき、隙間が大きいと保温効果は低下する。
カーテンのつなぎ目や重ね目には隙間ができやすいので注意を要する。

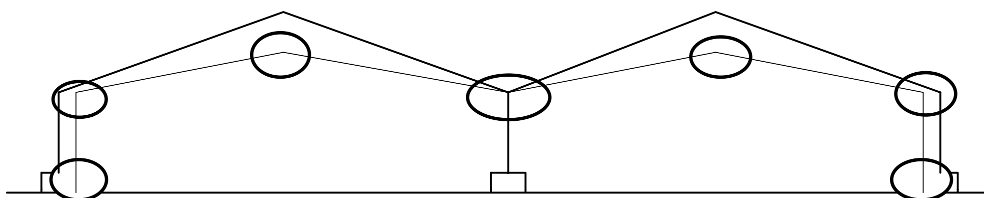


**図４　カーテンの隙間ができやすい箇所**

また、２層カーテンの場合、軒部で２層カーテン間をふさがれていない事例があるが、それによって保温性はかなり低下するので、注意を要する。




**図５　２層カーテンをふさがないと保温性は低下する**

**○マルチ利用による地温の保持**

マルチ利用の一般的効果としては、

①地温上昇効果
②地温保持効果
③土壌水分保持効果
④土壌固結防止効果
⑤養分流亡効果
⑥雑草防止効果
⑦土の跳ね上がり抑制
⑧夏季の地温低下効果　　がある。

省エネルギー効果を期待すれば、冬季のハウス内地温上昇効果と地温保持効果となる。

利用されるマルチ資材は透明マルチ、黒マルチ、グリーンマルチ、白マルチなどがあるが、そのねらいは地温上昇効果と地温保持効果に加え、雑草防止効果と土壌水分保持効果にある。

ポリマルチ下の地温は、主に資材の光透過率と反射率で決まる。地温を最も高めるものは光透過率の高い透明マルチである。しかし透明マルチは草が生えやすいとの欠点がある。

黒マルチは草を生やさないが、地温の上昇は透明マルチに比べてやや劣る。

グリーンマルチは双方の中間的性質を持ち、雑草が生えない程度に光透過を抑制している。

一般的に地温は無被覆＜白＜シルバー＜黒＜緑＜透明の順に高くなる。

白、シルバーは反射することで地温が上がらないが、蒸散で熱が逃げにくい。

日射の反射率は白、シルバーとも６０％で変わらないが、長波放射透過率は白の方が高いため、地温はシルバーよりも下がる。

フィルムに白だけ着色すると光を十分に遮断できないので、雑草が生えてしまう。

そのため黒で裏打ちした白黒ダブルマルチが使用される。

## ③既存装備の効率化

**○密閉率（すきま風対策）の向上**

ハウスの密閉率によって０～２０％の熱損失があり、密閉率を高めることが燃料節減へつながる。

ビニールハウス等のすきま風は「入口」「サイド換気部」「サイドの腰巻の裾」「谷換気部」「天井部」などから入りやすい。谷フィルムの破れ等からはいるのでチェックを行う。

**・入口のすきま風対策**

入口は周囲にビニペットを設置し、ハウスを閉めたあと、入口全体にフィルムを張り、スプリングで密閉する。

**・サイドのすきま風対策**

サイドがポリフィルムの場合、風が強い場合に巻き上げパイプがバタついてすきま風が入りやすい。

特に腰巻のフィルム幅が狭い場合はフィルム同士の被りが少なく、すきま風が入りやすい。

①サイドをポリからビニールに替えてフィルム同士のベタつきを強くする。
②フィルムの被りを幅広くとり、裾は土中に埋める。
③腰巻フィルムを直管パイプに止めている場合、直管パイプをハウスの外側に設置するか、ビニペットで止める。
④腰巻フィルムを止水シートに替え、裾は土に埋める。

## ○ハウスの保温力低下防止のための環境整備

ハウスの保温力に影響する周辺の問題として風や雨水の浸食がある。ハウス外気の風速が強くなることによって、ハウスからの熱貫流率は高まっていくことから（強風地帯では約１０％の効率減少）、防風ネットなどの整備により風当たりを少なくする必要がある。

また、ハウス周辺からの雨水の浸透を防ぐために、周辺の溝を深く掘ったり、周辺にマルチを行うなどの対策も必要である。

## ○暖房機の保守管理

暖房機は、保守状態によっては能力が低下してしまう恐れがある。
適切なメンテナンスや調整によって、良好な状態を保つことが省エネルギーの基本となる。

**◇バーナーメンテナンス◇**

燃料の無駄をなくすため、日常のバーナーメンテナンスや調整で、燃焼状態を良好に保って完全燃焼を維持することが重要である。
※メンテナンス作業の詳細は、取扱説明書を参照する。

**ア、バーナノズル周辺の定期的な掃除**

特にディフューザ周りのススの汚れは、燃料と空気（酸素）の混合が悪化して　完全燃焼を妨げるので、できるだけきれいにする。

**イ、ノズルの定期交換**

高速で油が噴霧するノズル孔は、使用するうちに磨耗して行く。

偏磨耗（偏った磨耗）によって燃焼が悪くなったり、噴霧量が多くなって缶体への負担が増大し、寿命を損ねることもある。

**ウ、エアシャッターの調整**

エアシャッターを開けすぎると、排気ガスへの熱ロスが増える傾向にある。

エアシャッターを閉めすぎると煙突から黒煙が発生してしまうので、周波数別調整範囲の下限値を限度として、黒煙が発生しない位置に調整する。

**エ、燃焼用新鮮空気の確保**

ハウスの密閉度が高くなると燃焼用空気が不足し、燃焼不良を起こす原因となることもあるので、専用の燃焼用空気取り入れ口の設置が望ましい。

**◇本体メンテナンス◇**

ハウス加温機は熱交換方式（間接加熱方式）によって温風を発生している。

特に缶体の保守管理や送風量の確保によってスムーズな熱交換を維持し、熱ロスを減らす。

※メンテナンス作業の詳細は、取扱説明書を参照する。

**ア、缶体の定期的な掃除**

缶体内面に汚れ（燃焼カス）が付着すると、伝熱面である缶体への熱通過が妨げられ、排気ガスへの熱ロスが増加する。

燃焼カスは湿気を含みやすいため、加温シーズンオフ時に放置されると、高湿度や煙突からの雨水の浸入などで水分を含み、燃焼カス中の硫黄分と反応して硫酸を生成し、缶体の腐食を促進させることがあるので、缶体掃除はできるだけ加温シーズン終了直後に行う。

**イ、送風機の送風量の確保**

送風量が少なくなると、缶体との熱交換が妨げられるだけでなく、ハウス内の温度ムラやダクトの溶けなどのトラブルも増加する。

ダクトの太さや本数は暖房機の規定を守る。

また、カーテン等の吸い込みにも注意する。

**○暖房環境改善**

**・温度ムラ**

暖房中のハウス内の温度ムラは、生育に影響するだけでなく、部分的な低温部の温度確保のために無駄な燃料を使う原因となっていることもある。

栽培環境改善及び省エネルギーの両面で温度ムラの改善は効果的である。

**・温風ダクト**

暖房機は1台で広い範囲を暖房することが求められ、温度ムラを最小限に暖房するためには、温風ダクトを適切に設置することが最も効果的である。

一般的に使用されるポリダクトの放熱特性は以下のように整理される。

素材が薄いため、表面放熱が多い。

表面放熱が多いため、温風ダクト内を流れる温風温度の変化が大きい。

ハウス加温機から近い位置の温風ダクトは、吹き出し温度が高く表面放熱も多い。

ハウス加温機から遠い位置の温風ダクトは、吹き出し温度が低く表面放熱は少ない。

### ・ダクト設置の基本的な考え方

温風温度と表面放熱を考慮し、ハウス加温機の近くは温風吹き出し量を少なくする。

ハウス加温機から遠いところは逆に温風吹き出し量を多くする。

ハウス加温機は送風機で風を吸い込んで送るので、ハウス加温機から遠い奥方向の温風を多く吹き出すと、奥から手前にかけての大きな空気の流れが発生し、ハウス内の攪拌も促進される。

ハウス内の冷え込みやすい箇所は、ダクト本数を増やしたり、太いダクトにして放熱を多くする。

ダクトに穴をあけての調整も効果的だが、穴の開け方は温風温度の違いを考慮し、ハウス加温機に遠いところほど数を多くしたり、穴を大きくする。

ダクトに穴をあける場合は、吹き出す温風ができるだけ作物に直接かからないように位置を調整する。

**ア、下吹きダクトの配置例**

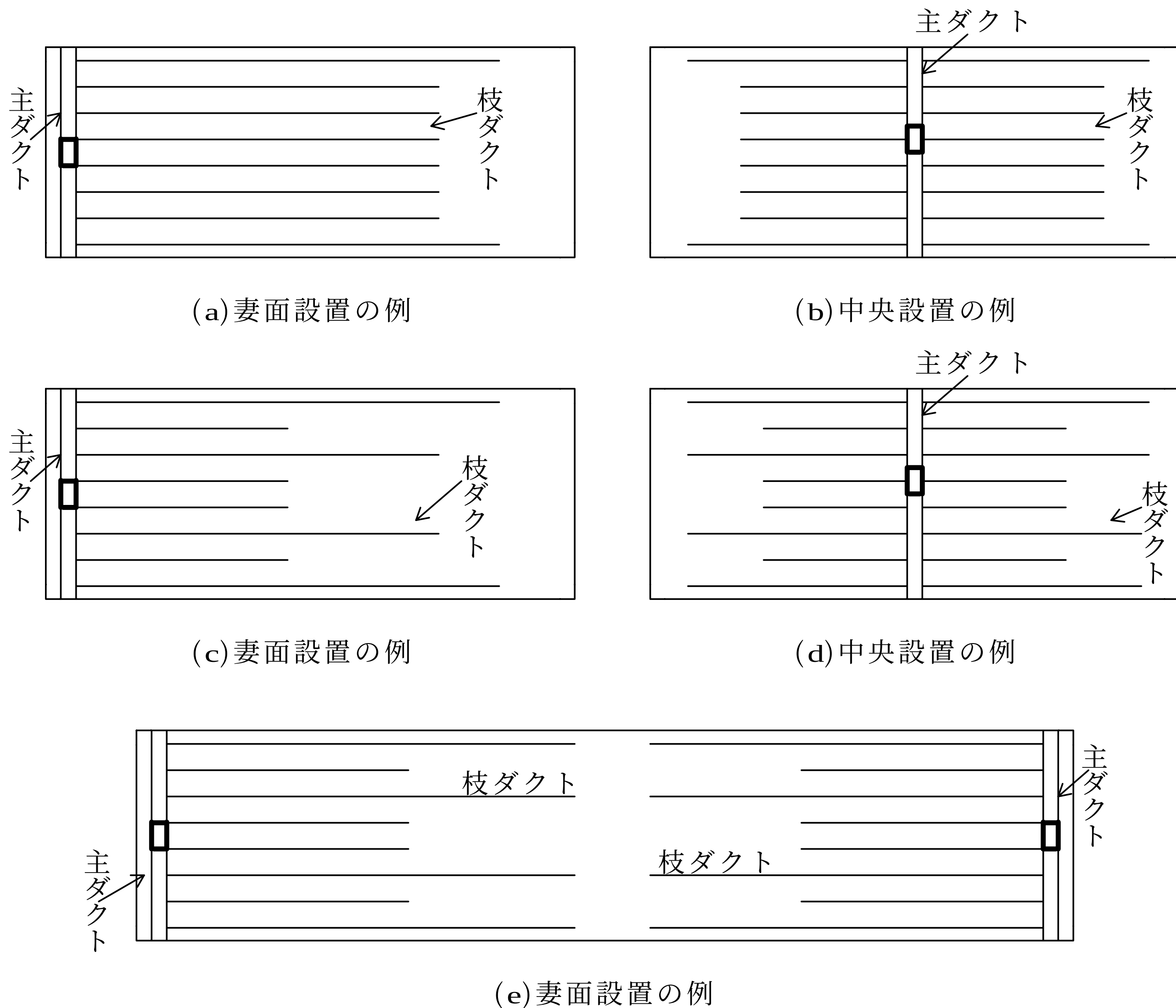
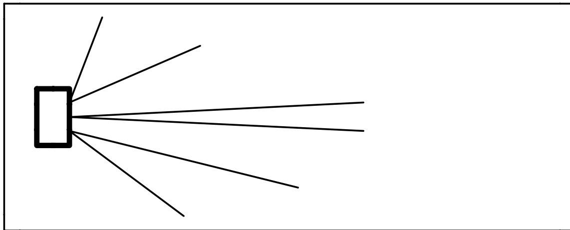
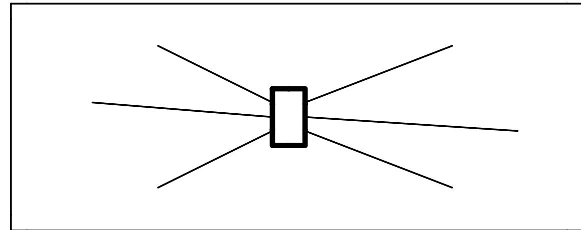



**図６－１　施設内での温風ダクトの設置方法**

イ、上吹きダクトの設置例



(a)妻面設置の例



(b)中央設置の例

図６－２　施設内での温風ダクトの設置方法

・温度センサーの位置

ハウス加温機は暖房設定温度にしたがって自動運転するが、温度を検知しているのが温度センサーである。

センサーを適切な位置に置くことによって、省エネルギー化が図られることもある。

温度ムラと同様に、ハウスを代表する温度が検知できないと、暖房設定温度への信頼性が低下し、安全のために高めの管理となることが多い。

また、ダクトから吹き出し温風の影響を受ける位置に設置されてしまった場合、センサー付近はハウス加温機の運転に伴って急激な温度変化が表れ、ハウス全体を適切な温度に保てないだけでなく、過剰に頻繁な運転停止が繰り返され、部品等の耐久性にも影響を与える恐れがある。

## ④省エネルギー機器の導入

### ○施設内循環扇の活用

暖房機の燃料消費量の節減対策のひとつとして、循環扇の利用がある。循環扇を利用することで、ハウス内の温度が均一になるので、加温時期の燃料費の節減に結びつく。

また、ハウス内の送風によって植物表面の湿度が低下し、結露も発生しにくくなるため病原菌の活動が抑えられる。

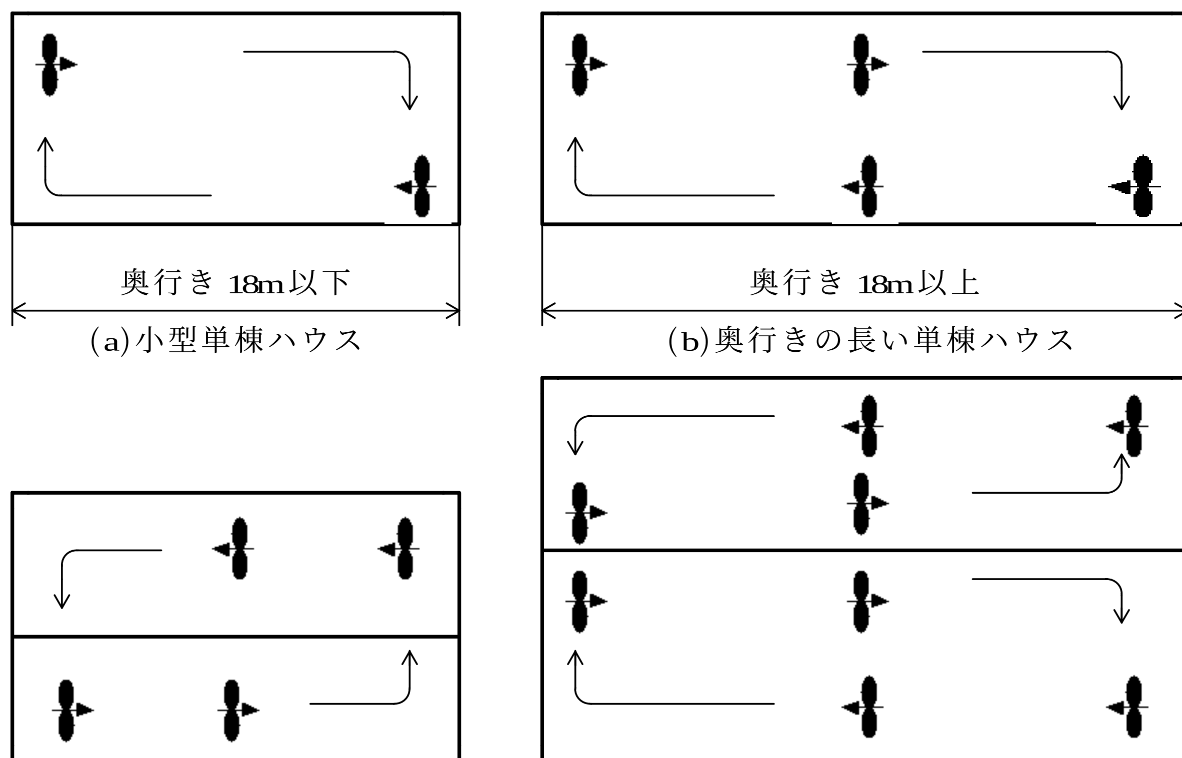
送風は、ハウス内の湿度が高まる夕方から翌朝までの時間や、昼間の雨天時に行うと高い発病抑制効果が得られる。

また、晴天日の昼間の送風は、葉からの蒸散も促進されるために植物の活性も高まると考えられる。

さらに、温度や湿度のバラツキ防止だけでなく、ハウス換気解放時期の高温抑制効果も期待できる。

ただし、高温で乾燥し易い時期に、直接作物にあたる場合等、生育が抑制されることもあるので使用方法に注意する。






(c)奥行きが長く、間口方向スパンの狭い多連棟ハウス　(d)奥行きが長く、間口方向スパンの広い多連棟ハウス

**図７　水平空気流動のための循環扇の標準的配置**

## ○節油機器の活用

### ・4段サーモ

4段サーモは1日を4つの時間帯に分け、それぞれの時間帯で暖房温度を独立して4段変温管理を行うことができる。



変夜温管理は夜間の温度を
- 昼間の光合成産物の転流促進を行う前夜温
- 呼吸を押さえる後夜温
- 光合成を促進させる早朝加温

以上の時間帯に分けて時間と温度を設定して管理する方法である。

各品目により変温管理が試験されており、収量・品質が落ちないことを前提に、試験研究結果に基づいて管理することで省エネルギーが期待できる。

また、最近の機器はモヤ取り機能や日射判定機能が付加されているものもある。

## 6）新規施設設置・機器導入での縮減対策

### ①ハウスの構造と配置

#### ○ハウスの構造と保温比

新規ハウス設置では保温比（R＝床面積／放熱面積）の大きい形式・構造を選択する。

**・屋根の形式**

施設の間口が同じ場合、円形（幌型）屋根は角型（屋根型）に比べて表面積が大きく、保温比は小さい。

**・連棟と単棟**

単棟は一般的に床面積当たりの放熱面積は大きく、保温比は小さいので夜間は冷えやすいが、受光率は高く、陰が少ないため昼間の地温上昇効果は高い。

一方連棟では多連棟になるほど保温比は大きくなるが、温風暖房や換気での空気の流れがスムーズでなく、温度ムラや品質低下、病害の発生等が懸念される。

#### ○ハウスの配置

ハウスの配置では、ハウスの間隔は互いに陰にならないように十分余地を取り、季節風に対して平行に棟の方向を取り、風下に出入り口を設ける。

①東西棟のハウスでは冬至の正午の太陽光線（入射角３０°）で隣棟の陰が当たらないようにする。

②南北棟ハウスではおよそ軒高、またはその２／３の間隔をあける。

### ②暖房設備の導入

暖房設備を導入するに当たっては以下の点に注意する。

①屋外の気象条件に対して、希望設定気温・地温を維持できる設備容量を持つ。

②導入する設備が初期経費と運転経費の面で経済的に有利であること。

③その他

ア、暖房時の温室内の温度分布は、できる限り均一である。

イ、暖房装置による栽培面積の減少、作業性の低下を最小にする。

ウ、暖房装置による作物体への遮光を最小にする。

エ、制御性がよく、保守作業が簡易である。

オ、停電時や故障時の対策が取られている。

### ③ヒートポンプの導入

**効果と問題点**

ランニングコストは、電気を動力源にした場合、重油暖房と比較し、重油価格が１ﾘｯﾄﾙ90円の場合19％、76円の場合５％燃料費が節減できる。

問題点としては、加熱温度が40～60℃程度であり、あまり高温にすることができないことと、ボイラーと比較し施設費が高いことである。

### ④省エネルギー機器の設置

**（5）－④を参照。**